

การประยุกต์ใช้นิวรอลเน็ตเวิร์กสำหรับการตรวจรู้ก๊าซ



นายนิรันดร์ เลิศนิมิตธรรม

ศูนย์วิทยพัทธยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

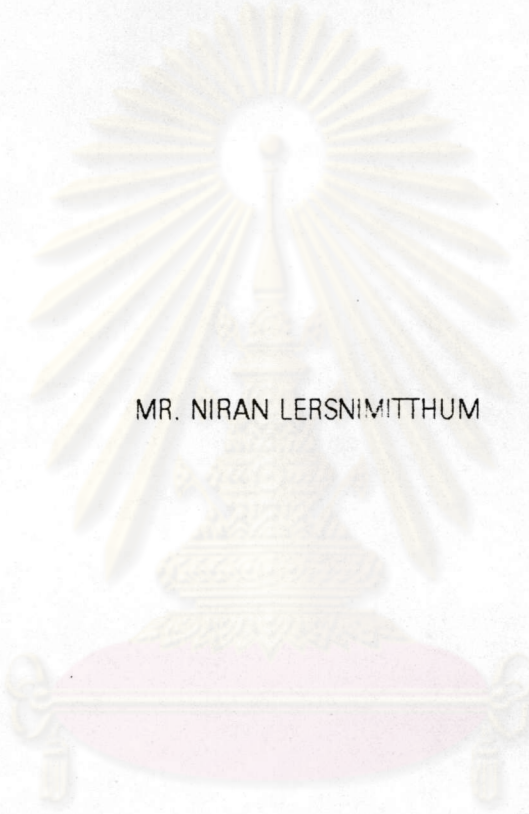
พ.ศ. 2537

ISBN 974-631-219-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๕16๙48๙85

APPLICATION OF NEURAL NETWORK FOR GAS SENSING



MR. NIRAN LERSNIMITTHUM

ศูนย์วิทยทรัพยากร

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

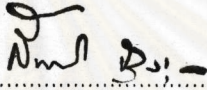
1994

ISBN 974-631-219-7

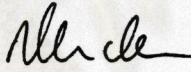


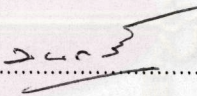
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ใช้นิวรอลเน็ตเวิร์กสำหรับการตรวจรู้ก๊าซ  
โดย นาย นิรันดร์ เลิศนิมิตรธรรม  
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า  
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. มนต์รี สวัสดิ์ศฤงฆาร  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์

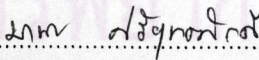
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

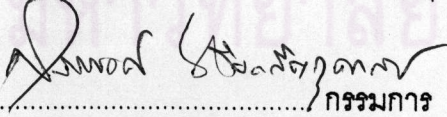
  
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ฤงสุวรรณ)

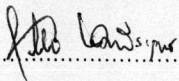
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร. มนต์รี สวัสดิ์ศฤงฆาร)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงษ์ นวงศ์ตฤศาสน์)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ สุวิทย์ นาคพิระยุทธ)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว



นาย นิรันดร์ เลิศนิมิตธรรม : การประยุกต์ใช้นิวรอลเน็ตเวิร์กสำหรับการตรวจวัดก๊าซ

(Application of Neural Network for gas sensing) อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร. มนตรี

สวัสดิ์ศฤงฆาร, อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์, 155 หน้า.

ISBN 974-631-219-7

ระบบตรวจวัดก๊าซได้ถูกสร้างขึ้นโดยใช้หัวตรวจวัดก๊าซร่วมกับหลักการของนิวรอลเน็ตเวิร์ก สารตัวอย่าง 5 ชนิดได้ถูกตรวจวัดโดยใช้หัวตรวจวัดก๊าซ 3 ชนิด ซึ่งจะส่งสัญญาณที่ได้ผ่านวงจรแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอลและแสดงผลทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งการวัดแต่ละครั้งจะใช้เวลาทั้งหมด 4 นาที ชุดข้อมูลที่ส่งให้ระบบเรียนรู้โดยวิธี Back propagation จะประกอบด้วย ค่า 0.1 เท่าของแรงดันไฟฟ้าที่สูงสุด, ค่า 0.1 เท่าของแรงดันไฟฟ้าที่เวลา 1 นาที 57 วินาที และค่า 0.1 เท่าของแรงดันไฟฟ้าที่เวลา 3 นาที ของหัวตรวจวัดก๊าซทั้ง 3 ตัวพร้อมกับค่าเอาต์พุตเป้าหมาย ระบบนิวรอลเน็ตเวิร์กได้ถูกออกแบบให้มีอินพุตเลเยอร์ 9 โหนด, เลเยอร์ภายใน 36 โหนด และเอาต์พุตเลเยอร์ 5 โหนด ซึ่งจากการทดลองผล พบว่าสามารถจำแนกน้ำ, เอทิลแอลกอฮอล์, อะซิโตน, แอมโมเนีย และอะซิติกดีไฮด์ ในช่วงความเข้มข้น 0.01%v/v ถึง 0.1%v/v ได้ถูกต้อง ส่วนการทดสอบจากผลการตรวจวัดซ้ำหลายครั้งพบว่ายังมีส่วนผิดพลาดในการวัดอะซิโตนและอะซิติกดีไฮด์ ซึ่งการแก้ปัญหาทำได้โดยการนำผลการวัดใหม่สอนเพิ่มให้กับระบบนิวรอลเน็ตเวิร์กในลักษณะการเรียนรู้แบบปรับตัว

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ..... วิศวกรรมไฟฟ้า  
สาขาวิชา ..... วิศวกรรมไฟฟ้า  
ปีการศึกษา ..... 2537

ลายมือชื่อนิติ ..... รศ.ดร. เลิศนิมิตธรรม  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... ม.ร.ว.ค.ส.  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ..... ผศ.ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์

## C515567 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING  
KEY WORD: NEURAL NETWORK / BACK PROPAGATION / GAS SENSING / SENSOR  
NIRAN LERSNIMITTHUM : APPLICATION OF NEURAL NETWORK FOR GAS  
SENSING. THESIS ADVISOR : ASSC. PROF DR. MONTRI SAWADSARINGKARN  
THESIS COADVISOR : ASST. PROF DR. MANA SRIYUDTHSAK 155 pp.  
ISBN 974-631-219-7

A gas sensing system was implemented by combining the principle of neural network with a group of gas sensors. Five kinds of vapour gas were measured by three different gas sensors. Then the obtained signals were sent via A/D converter to the computer. Each measurement took 4 minutes. The patterns, which were used for training by Back-propagation algorithm, were composed of a one-tenth of maximum voltage, a one-tenth of voltage at 1 minute 57 seconds and of a one-tenth of voltage at 3 minutes from the three different gas sensors together with the target output. The system of neural network was designed to have nine input nodes, thirty-six hidden nodes and five output nodes. The experimental results show that the system can recognize the vapour of water, ethyl alcohol, acetone, ammonia and acetaldehyde of concentration 0.01% to 0.1% correctly. From long term measurement, it had been found that there were some error in the recognition of acetone and acetaldehyde. This problem can be solved by additional teaching the system with new results as an adaptive learning.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....

ปีการศึกษา.....2537.....

ลายมือชื่อนิติ..... นิพนธ์ ลิขิตวิเศษ.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... ๒๕๓๕.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... ๒๕๓๕.....



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำขึ้นที่ห้องปฏิบัติการวิจัยสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ ( Semiconductor Device Research Laboratory : SDRL ) ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดีเยี่ยมของ รศ.ดร. มนตรี สวัสดิ์ศฤงฆาร และ ผศ.ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของข้าพเจ้า ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงสุดไว้ ณ. ที่นี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำห้องปฏิบัติการวิจัยสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ ซึ่งได้แก่ ศ.ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว รศ.ดร.บรรยง โตประเสริฐพงษ์ รศ.ดร.ชุมพล อันตรเสน ผศ.ดร. ธาธา ชลปราณี ผศ.ดร. ดุสิต เครื่องงาม อ.ดร. สมชัย รัตนธรรมพันธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำที่มีค่า และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาตลอด

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณสุวัฒน์ ไสภิตพันธ์ คุณวิโรจน์ บุญโกสมรค์ คุณอาภรณ์ อีรมงคลรัมย์ คุณบัณฑิตา รัฐวิเศษ คุณศุภโชค ไทยน้อย คุณชวัลญเรือน ไทยน้อย ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้านเทคนิคต่างๆ

เนื่องจาก ทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจาก ทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ. ที่นี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่ได้สนับสนุนทุนทรัพย์และกำลังใจที่ดีเยี่ยมแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

คุณยวิทย์ทรัพย์ากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ



หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ญ

## บทที่

1. บทนำ.....	1
2. หลักการและทฤษฎีพื้นฐานของระบบนิเวศเน็ตเวิร์ก.....	4
ความเป็นมาของระบบนิเวศเน็ตเวิร์ก.....	4
ประเภทของระบบนิเวศเน็ตเวิร์ก.....	6
หลักการเรียนรู้ของระบบนิเวศเน็ตเวิร์กโดยวิธี Back propagation.....	10
3. การสร้างระบบตรวจวัดก๊าซ.....	21
การจัดสร้างระบบตรวจวัดก๊าซ.....	21
สรุป.....	34
4. ส่วนการออกแบบซอฟต์แวร์.....	35
ส่วนประกอบของซอฟต์แวร์.....	35
1. ส่วนการวัดสัญญาณจากระบบตรวจวัดก๊าซ.....	35
2. ส่วนของระบบนิเวศเน็ตเวิร์ก.....	43
สรุป.....	44
5. ผลการวิจัย.....	46
การป้อนข้อมูลให้กับระบบนิเวศเน็ตเวิร์ก.....	46
5.1 สัญญาณจากการวัดสารตัวอย่าง.....	47
5.2 ผลจากการป้อนข้อมูลให้ระบบนิเวศเน็ตเวิร์กเรียนรู้.....	55
5.3 ผลจากการทดสอบ.....	63

## สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
สรุป.....	77
6. สรุปผลการวิจัย.....	78
รายการอ้างอิง.....	80
ภาคผนวก ก. โปรแกรมการวัดสัญญาณจากระบบตรวจวัดก๊าซ.....	83
ภาคผนวก ข. โปรแกรมระบบนิรอลเน็ตเวอร์ก.....	112
ประวัติผู้เขียน.....	155

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การแบ่งประเภทของระบบนิรอลเน็ตเวอร์ก.....	9
3.1	ข้อมูลของก๊าซออกซิเจนและก๊าซไนโตรเจนที่ใช้เป็นก๊าซพาร์.....	23
3.2	ข้อมูลของโซลินอยด์วาล์ว.....	24
3.3	ข้อมูลของหัวตรวจวัดก๊าซทั้งสาม.....	30
4.1	ค่าที่ใช้ในการกำหนดพอร์ตสำหรับการกำหนดเวลาที่ใช้ในการแปลงสัญญาณ....	40
5.1	เงื่อนไขของระบบสำหรับทดลองการตรวจวัดก๊าซ.....	48
5.2	ค่าไบนารีที่ใช้แทนชื่อสารตัวอย่าง.....	56
5.3	ชุดข้อมูลที่ป้อนให้กับระบบนิรอลเน็ตเวอร์กเรียนรู้.....	57
5.4	ความสัมพันธ์จำนวนโหนดของเลเยอร์ภายในและค่าความผิดพลาด.....	62
5.5	ผลการทดสอบสารตัวอย่าง.....	64
5.6	ผลการทดสอบสารตัวอย่างเอทิลแอลกอฮอล์.....	65
5.7	ผลการทดสอบสารตัวอย่างอะซิโตน.....	66
5.8	ผลการทดสอบสารตัวอย่างแอมโมเนีย.....	67
5.9	ผลการทดสอบสารตัวอย่างอะซิคลีไฮด์.....	68
5.10	ผลการทดสอบสารตัวอย่าง ครั้งที่ 1.....	69
5.11	ผลการทดสอบสารตัวอย่าง ครั้งที่ 2.....	70
5.12	ผลการทดสอบสารตัวอย่าง ครั้งที่ 3.....	72
5.13	ผลการทดสอบสารตัวอย่างใหม่จากผลการตรวจวัด ครั้งที่ 2.....	74
5.13	ผลการทดสอบสารตัวอย่างใหม่จากผลการตรวจวัด ครั้งที่ 3.....	75

## สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1.1	ขั้นตอนการทำวิทยานิพนธ์..... 3
2.1	โครงสร้างพื้นฐานเซลล์นิเวรอนของสมองมนุษย์..... 5
2.2	โครงสร้าง Perceptron..... 5
2.3	ไดอะแกรมของ Supervised Learning..... 7
2.4	ไดอะแกรมของ Unsupervised Learning..... 7
2.5	การไหลแบบป้อนไปข้างหน้า..... 8
2.6	ทิศทางการไหลแบบป้อนไปข้างหน้าและป้อนกลับ..... 8
2.7	โครงสร้างไดอะแกรม Back propagation Network..... 11
2.8	กราฟของฟังก์ชันซิกมอยด์..... 12
3.1	ระบบที่สร้างขึ้นสำหรับการตรวจวัดก๊าซ..... 22
3.2	โพลีมิเตอร์ที่ใช้ควบคุมอัตราการไหลของก๊าซพาร์..... 22
3.3	วงจรควบคุมการปิด-เปิด ของโซลินอยด์วาล์ว..... 25
3.4	โพลีวีเซลหลังจากติดตั้งหัวตรวจวัดก๊าซ..... 26
3.5	โครงสร้างโพลีวีเซล..... 27
3.6	หัวตรวจวัดก๊าซ..... 29
3.7	โครงสร้างของกำแพงพลังงานศักย์ของอิเล็กทรอนิกส์..... 31
3.8	วงจรไฟฟ้าที่ใช้กับหัวตรวจวัดก๊าซ..... 32
3.9	วงจรวัดสัญญาณของหัวตรวจวัดก๊าซ..... 33
3.10	ระบบตรวจวัดก๊าซที่ได้จัดสร้างขึ้น..... 34
4.1	ขั้นตอนการแปลงสัญญาณโดยการควบคุมการทำงานจากโปรแกรม..... 36
4.2	การควบคุมการแปลงสัญญาณจากสัญญาณนาฬิกาภายนอก..... 37
4.3	ขั้นตอนของส่วนกำหนดค่าเริ่มต้น..... 38
4.4	ขั้นตอนส่วนของการอินเทอร์พรัท..... 39
4.5	ตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกา 8254..... 40

## สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.1 โครงสร้างส่วนประกอบในการป้อนข้อมูล.....	47
5.2 การวัดน้ำบริสุทธิ์.....	49
5.3 การวัดสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 0.01%v.v(100 ppm).....	49
5.4 การวัดสารละลายอะซิโตน ความเข้มข้น 0.01%v.v(100 ppm).....	50
5.5 การวัดสารละลายแอมโมเนีย ความเข้มข้น 0.01%v.v(100 ppm).....	50
5.6 การวัดสารละลายอะซิติกไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.01%v.v(100 ppm).....	51
5.7 การวัดสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 0.05%v.v(500 ppm).....	51
5.8 การวัดสารละลายอะซิโตน ความเข้มข้น 0.05%v.v(500 ppm).....	52
5.9 การวัดสารละลายแอมโมเนีย ความเข้มข้น 0.05%v.v(500 ppm).....	52
5.10 การวัดสารละลายอะซิติกไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.05%v.v(500 ppm).....	53
5.11 การวัดสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 0.1%v.v(1000 ppm).....	53
5.12 การวัดสารละลายอะซิโตน ความเข้มข้น 0.1%v.v(1000 ppm).....	54
5.13 การวัดสารละลายแอมโมเนีย ความเข้มข้น 0.1%v.v(1000 ppm).....	54
5.14 การวัดสารละลายอะซิติกไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1%v.v(1000 ppm).....	55
5.15 ความสัมพันธ์ระหว่าง จำนวนรอบการเรียนรู้ (Iteration) แกน X และ ค่าความผิดพลาด (Sum squared error) แกน Y.....	63

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย